

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 3 月 25 日 (25.03.2004)

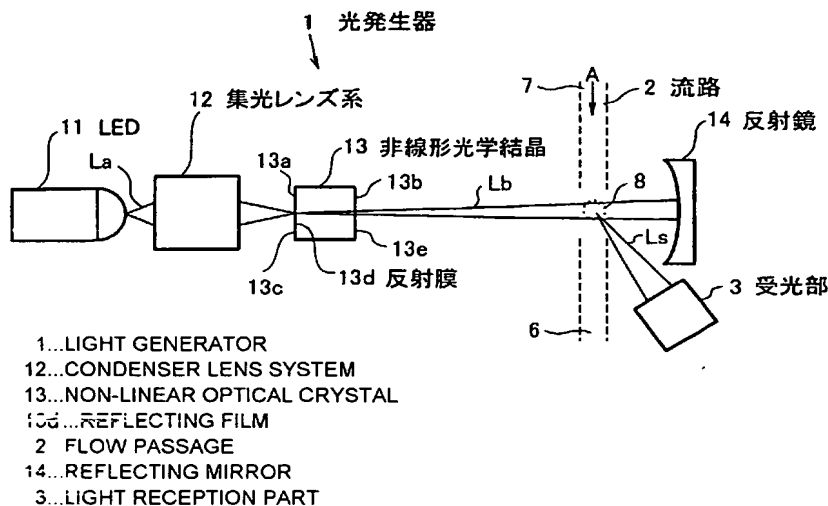
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/025279 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01N 15/14 (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2002/009393 (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- (22) 国際出願日: 2002 年 9 月 13 日 (13.09.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): リオン株式会社 (RION CO., LTD.) [JP/JP]; 〒185-8533 東京都国分寺市東元町 3 丁目 20-41 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 一条 和夫 (ICHIJO, Kazuo) [JP/JP]; 〒185-8533 東京都国分寺市東元町 3 丁目 20-41 リオン株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小山 有 (KOYAMA, Yuu); 〒102-0083 東京都千代田区麹町 5 丁目 7 番地 秀和紀尾井町 T B R ビル 9 2 2 号 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: LIGHT SCATTERING TYPE PARTICLE SENSOR

(54) 発明の名称: 光散乱式粒子検出器



sensing area (8).

(57) Abstract: A light scattering type particle sensor capable of sensing very small particles by converting the light of low energy density emitted from a light source into the light of high energy density. In the light scattering type particle sensor for sensing the particles by receiving the scattering light (Ls) generated by irradiating the light (Lb) to the particles contained in a fluid, the light (Lb) is the light in which the wavelength  $\lambda$  of the light (La) emitted from a light emitting diode (11) is changed into the wavelength of  $\lambda/2$  when transmitted through a non-linear optical crystal (13), and the light (Lb) of the wavelength of  $\lambda/2$  is reciprocated between a reflecting film (13d) formed in the non-linear optical crystal (13) and a reflecting mirror (14) facing each other across a particle

[続葉有]

WO 2004/025279 A1



---

(57) 要約:

光源から放射される低いエネルギー密度の光を高いエネルギー密度の光に変換して微小な粒子を検出する光散乱式粒子検出器を提供する。流体中に含まれる粒子に光L bを照射して生じる散乱光L sを受光することにより粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、光L bは発光ダイオード11から放射される波長が $\lambda$ の光L aが非線形光学結晶13を透過したことによって波長が $\lambda/2$ になった光であり、この波長が $\lambda/2$ の光L bが粒子検出領域8を挟んで対向する非線形光学結晶13に形成した反射膜13 dと反射鏡14の間を往復するようにした。

## 明細書

## 光散乱式粒子検出器

## 5 技術分野

本発明は、粒子検出領域に検出対象となる流体を導き、粒子に照射した光により生じる散乱光を受光して流体に含まれる粒子を検出する光散乱式粒子検出器に関する。

## 10 背景技術

従来、流体中に存在する微小な粒子を検出する場合には、光エネルギー密度の高いレーザ光が共振する領域に流体を流し、レーザ光を粒子に照射することによって微小な粒子を検出可能にしている。代表例としては、第6図に示すように、半導体レーザ励起型固体レーザを用いた光散乱式粒子検出器が知られている（例えば、米国特許第5,642,193号、同第5,903,193号参照）。

従来の光散乱式粒子検出器では、半導体レーザ100が放射する励起用レーザ光Leを集光レンズ系101で固体レーザ媒質102に集光させて固体レーザ媒質102からレーザ光Laを放射させ、更にレーザ光Laの波長を短くするため非線形光学結晶103を透過させた後にレーザ光Laを流体に照射させている。

20 なお、104は反射鏡、105は矢印A方向に流れる流体の流路、106、107、108は半導体レーザ100の温度を制御するための温度制御回路を備えたレーザ駆動回路、ペルチェ素子、ヒートシンク、109は粒子検出領域、110は受光部である。

25 しかし、従来の光散乱式粒子検出器においては、半導体レーザ100が放射する励起用レーザ光Leの波長λを固体レーザ媒質102が最もエネルギーをよく吸収する波長（例えば、810nm）に制御しなければならない。

そこで、励起用レーザ光Leの波長λを制御するため、半導体レーザ100の温度を制御している。このための温度制御回路106、ペルチェ素子107、ヒートシンク108などを必要とし、半導体レーザ100の温度を制御するための

構成要素が比較的大きなものとなるという問題がある。

本発明は、従来の技術が有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、光源から放射される低いエネルギー密度の光を高いエネルギー密度の光に変換して微小な粒子を検出する光散乱式粒子検出器を提供しようとするものである。

#### 発明の開示

上記課題を解決すべく請求の範囲第 1 項に係る発明は、流体中に含まれる粒子に光を照射して生じる散乱光を受光して粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記光は光源から放射する光が非線形光学結晶により波長が変換された光であるとした。

請求の範囲第 2 項に係る発明は、請求の範囲第 1 項記載の光散乱式粒子検出器において、前記光が粒子検出領域を挟んで対向する前記非線形光学結晶の反射膜とミラーの間、またはミラーとミラーの間を往復するようにした。

#### 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の第 1 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

第 2 図は、本発明の第 2 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

第 3 図は、本発明の第 3 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

第 4 図は、本発明の第 4 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

第 5 図は、本発明の第 5 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

第 6 図は、従来の光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下に本発明の実施の形態を添付図面に基づいて説明する。ここで、第1図は本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、第2図は同じく第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、第3図は同じく第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、第4図は同じく第4の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図、第5図は同じく第5の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の概略構成図である。

本発明の第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、第1図に示すように、光Lbを発生する光発生器1と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光Lsを受光する受光部3を備えている。

10 光発生器1は、光源として波長が $\lambda$ の光Laを放射する発光ダイオード(LED)11と、LED11が放射した光Laを集光する集光レンズ系12と、集光レンズ系12で集光した波長が $\lambda$ の光Laを受けて第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光Lb)を出射する非線形光学結晶13と、非線形光学結晶13と流路2を挟んで対向して設置され、非線形光学結晶13が出射する波長が $\lambda/2$ の光Lbを  
15 反射して非線形光学結晶13に戻す反射鏡14からなる。

なお、非線形光学結晶13は、第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光Lb)の他に、基本波(波長が $\lambda$ の光La)、第3次高調波(波長が $\lambda/3$ の光)、第4次高調波(波長が $\lambda/4$ の光)などの高調波も出射するが、ここでは第2次高調波を用いる場合について説明する。

20 非線形光学結晶13の集光レンズ系12側の端面13aには、LED11が放射した光Laを通す反射防止膜13cおよび非線形光学結晶13が出射する第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光Lb)のみを反射して基本波(波長が $\lambda$ の光La)及び第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光Lb)以外の高調波を透過させる反射膜13dが形成されている。

25 また、非線形光学結晶13の反射鏡14側の端面13bには、非線形光学結晶13が出射する波長が $\lambda/2$ の光Lbに対する反射防止膜13eが形成されている。反射鏡14は、全ての光を反射するので、非線形光学結晶13と反射鏡14の間を往復する光は、第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光Lb)のみになる。

流路2は、検出対象となる流体をアウトレット6の下流に接続した吸引ポンプ

(不図示) が吸引することにより、流体が矢印A方向にインレット7からアウトレット6に流れて形成される。光L bと流路2が直交して交差する箇所が粒子検出領域8となる。

受光部3は、粒子検出領域8で生じる散乱光L sを集光する集光レンズと、集光した散乱光L sを光電変換するフォトダイオードなどを備え、流体に粒子が含まれている場合に粒子検出領域8において粒子に照射された光L bによる散乱光L sを受光し、散乱光L sの強度に応じた電気信号を出力する。

以上のように構成した第1の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の動作について説明する。

10 LED 11が放射した波長が $\lambda$ の光L aは、集光レンズ系12で集光されて非線形光学結晶13に入射する。非線形光学結晶13に入射した波長が $\lambda$ の光L aは、非線形光学結晶13から出射すると波長が $\lambda/2$ の光L bとなる。

非線形光学結晶13から出射した波長が $\lambda/2$ の光L bは、反射鏡14で反射して非線形光学結晶13に戻り、非線形光学結晶13の端面13aに形成した反射膜13dで反射する。波長が $\lambda/2$ の光L bは、反射膜13dと反射鏡14との間を往復することになる。

従って、光L bは反射膜13dと反射鏡14の間に形成される領域に閉じ込められ、LED 11が放射する光L aよりも高いエネルギー密度を得ることになる。

更に、粒子検出領域8を形成する光L bの波長( $\lambda/2$ )は、LED 11が放射する光L aの波長( $\lambda$ )の半分なので、光L bによる散乱光の強度は光L aによる散乱光の強度より高くなる。粒子による散乱光L sの強度は、粒子に照射した光L bの波長( $\lambda/2$ )の4乗に反比例するからである。

次に、本発明の第2の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、第2図に示すように、光L bを発生する光発生器21と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光L sを受光する受光部3を備えている。

光発生器21は、光源として波長が $\lambda$ の光L aを放射する発光ダイオード(LED) 11と、LED 11が放射した光L aを集光する集光レンズ系12と、集光レンズ系12で集光した光L aを透過するダイクロイックミラー22と、ダイクロイックミラー22を透過した波長が $\lambda$ の光L aを受けて第2次高調波(波長

が $\lambda/2$ の光L b) を出射する非線形光学結晶 2 3 と、非線形光学結晶 2 3 と流路 2 を挟んで対向して設置され、非線形光学結晶 2 3 が出射する波長が $\lambda/2$ の光L bを反射してダイクロイックミラー 2 2 に戻す反射鏡 1 4 からなる。

5   なお、非線形光学結晶 2 3 は、第 2 次高調波（波長が $\lambda/2$ の光L b) の他に、基本波（波長が $\lambda$ の光L a) 、第 3 次高調波（波長が $\lambda/3$ の光) 、第 4 次高調波（波長が $\lambda/4$ の光) などの高調波も出射するが、ここでは第 2 次高調波を用いる場合について説明する。

10   ダイクロイックミラー 2 2 は、基本波（波長が $\lambda$ の光L a) 及び第 2 次高調波（波長が $\lambda/2$ の光L b) 以外の高調波を透過させ、第 2 次高調波（波長が $\lambda/2$ の光L b) のみを選択して反射させる。反射鏡 1 4 は、全ての光を反射するので、ダイクロイックミラー 2 2 と反射鏡 1 4 の間を往復する光は、第 2 次高調波（波長が $\lambda/2$ の光L b) のみになる。

  なお、流路 2、受光部 3 など第 1 図に示す符号と同一の構成要素については、第 1 の実施の形態と同一なので説明を省略する。

15   以上のように構成した第 2 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の動作について説明する。

  LED 1 1 が放射した波長が $\lambda$ の光L a は、集光レンズ系 1 2 で集光されてダイクロイックミラー 2 2 を透過する。ダイクロイックミラー 2 2 を透過した光L a は、非線形光学結晶 2 3 に入射する。非線形光学結晶 2 3 に入射した波長が $\lambda$ の光L a は、非線形光学結晶 2 3 から出射すると波長が $\lambda/2$ の光L b となる。

20   非線形光学結晶 2 3 から出射した波長が $\lambda/2$ の光L b は、反射鏡 1 4 で反射して非線形光学結晶 2 3 に戻り、非線形光学結晶 2 3 を透過してダイクロイックミラー 2 2 で反射する。波長が $\lambda/2$ の光L b は、ダイクロイックミラー 2 2 と反射鏡 1 4 との間を往復することになる。

25   従って、光L b はダイクロイックミラー 2 2 と反射鏡 1 4 の間に形成される領域に閉じ込められ、LED 1 1 が放射する光L a よりも高いエネルギー密度を得ることになる。

  更に、粒子検出領域 8 を形成する光L b の波長は、LED 1 1 が放射する光L a の波長の半分なので、光L a による散乱光より散乱光の強度は高くなる。粒子

による散乱光 $L_s$ の強度は、粒子に照射した光 $L_b$ の波長( $\lambda/2$ )の4乗に反比例するからである。

次に、本発明の第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、第3図に示すように、光 $L_b$ を発生する光発生器31と、検出対象となる流体により形成される流路2と、散乱光 $L_s$ を受光する受光部3を備えている。

光発生器31は、光源として波長が $\lambda$ の光 $L_a$ を放射する発光ダイオード(LED)11と、LED11が放射した光 $L_a$ を集光する集光レンズ系12と、集光レンズ系12で集光した光 $L_a$ を透過するダイクロイックミラー22と、ダイクロイックミラー22を透過した波長が $\lambda$ の光 $L_a$ を受けて第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ )を出射する非線形光学結晶33からなる。

なお、非線形光学結晶33は、第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ )の他に、基本波(波長が $\lambda$ の光 $L_a$ )、第3次高調波(波長が $\lambda/3$ の光)、第4次高調波(波長が $\lambda/4$ の光)などの高調波も出射するが、ここでは第2次高調波を用いる場合について説明する。

15 非線形光学結晶33のダイクロイックミラー22側とは反対の端面33aには、非線形光学結晶33を透過して波長が $\lambda/2$ になった光 $L_b$ (第2次高調波)のみを反射して基本波(波長が $\lambda$ の光 $L_a$ )及び第2次高調波(波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ )以外の高調波を透過させる反射膜33bが形成されている。

20 なお、流路2、受光部3、ダイクロイックミラー22など第1図又は第2図に示す符号と同一の構成要素については、第1又は第2の実施の形態と同一なので説明を省略する。

以上のように構成した第3の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の動作について説明する。

25 LED11が放射した波長が $\lambda$ の光 $L_a$ は、集光レンズ系12で集光されてダイクロイックミラー22を透過する。ダイクロイックミラー22を透過した光 $L_a$ は、非線形光学結晶33に入射する。非線形光学結晶33に入射した波長が $\lambda$ の光 $L_a$ は、非線形光学結晶33を透過すると波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ となる。

非線形光学結晶23を透過して波長が $\lambda/2$ になった光 $L_b$ は、非線形光学結晶33の端面33aに形成した反射膜33bで反射して再び非線形光学結晶33



を透過してダイクロイックミラー 2 2 で反射する。波長が $\lambda/2$ の光 L b は、ダイクロイックミラー 2 2 と非線形光学結晶 3 3 の反射膜 3 3 b との間を往復することになる。

従って、光 L b はダイクロイックミラー 2 2 と反射膜 3 3 b の間に形成される  
5 領域に閉じ込められ、LED 1 1 が放射する光 L a よりも高いエネルギー密度を得ることになる。

更に、粒子検出領域 8 を形成する光 L b の波長は、LED 1 1 が放射する光 L a の波長の半分なので、光 L a による散乱光より散乱光の強度は高くなる。粒子による散乱光 L s の強度は、粒子に照射した光 L b の波長 ( $\lambda/2$ ) の 4 乗に反  
10 比例するからである。

次に、本発明の第 4 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、第 4 図に示すように、光 L b を発生する光発生器 4 1 と、検出対象となる流体により形成される流路 2 と、散乱光 L s を受光する受光部 3 を備えている。

光発生器 4 1 は、光源として波長が $\lambda$ の光 L a を放射する発光ダイオード (LED) 1 1 と、LED 1 1 が放射した光 L a を集光する集光レンズ系 1 2 と、集光レンズ系 1 2 で集光した光 L a を透過するダイクロイックミラー 4 2 と、ダイクロイックミラー 4 2 を透過した波長が $\lambda$ の光 L a を受けて第 2 次高調波 (波長が $\lambda/2$ の光 L b) を出射する非線形光学結晶 4 3 と、非線形光学結晶 4 3 を出射した光 L b を反射させて再びダイクロイックミラー 4 2 に戻す 2 個の反射鏡 4  
20 4, 4 5 からなる。

なお、非線形光学結晶 4 3 は、第 2 次高調波 (波長が $\lambda/2$ の光 L b) の他に、基本波 (波長が $\lambda$ の光 L a)、第 3 次高調波 (波長が $\lambda/3$ の光)、第 4 次高調波 (波長が $\lambda/4$ の光) などの高調波も出射するが、ここでは第 2 次高調波を用いる場合について説明する。

25 ダイクロイックミラー 4 2 は、基本波 (波長が $\lambda$ の光 L a) 及び第 2 次高調波 (波長が $\lambda/2$ の光 L b) 以外の高調波を透過させ、第 2 次高調波 (波長が $\lambda/2$ の光 L b) のみを選択して反射させる。反射鏡 4 4, 4 5 は、全ての光を反射するので、ダイクロイックミラー 4 2 と反射鏡 4 4, 4 5 を反射する光は、第 2 次高調波 (波長が $\lambda/2$ の光 L b) のみになる。

なお、流路 2、受光部 3 など第 1 図に示す符号と同一の構成要素については、第 1 の実施の形態と同一なので説明を省略する。

以上のように構成した第 4 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の動作について説明する。

- 5     LED 11 が放射した波長が  $\lambda$  の光 L a は、集光レンズ系 12 で集光されてダイクロイックミラー 42 を透過する。ダイクロイックミラー 42 を透過した光 L a は、非線形光学結晶 43 に入射する。非線形光学結晶 43 に入射した波長が  $\lambda$  の光 L a は、非線形光学結晶 43 から出射すると波長が  $\lambda/2$  の光 L b となる。

- 10     非線形光学結晶 43 を透過して波長が  $\lambda/2$  になった光 L b は、反射鏡 44 で反射し、更に反射鏡 45 で反射して再びダイクロイックミラー 42 で反射する。波長が  $\lambda/2$  の光 L b は、ダイクロイックミラー 42、非線形光学結晶 43、反射鏡 44、反射鏡 45 の順で回ることになる。

- 15     従って、光 L b はダイクロイックミラー 42 と反射鏡 44 と反射鏡 45 で形成される領域に閉じ込められ、LED 11 が放射する光 L a よりも高いエネルギー密度を得ることになる。

更に、粒子検出領域 8 を形成する光 L b の波長は、LED 11 が放射する光 L a の波長の半分なので、光 L a による散乱光より散乱光の強度は高くなる。粒子による散乱光 L s の強度は、粒子に照射した光 L b の波長 ( $\lambda/2$ ) の 4 乗に反比例するからである。

- 20     次に、本発明の第 5 の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器は、第 5 図に示すように、光 L b を発生する光発生器 51 と、検出対象となる液体を流すフローセル 52 と、散乱光 L s を受光する受光部 3 を備えている。

- 25     光発生器 51 は、光源として波長が  $\lambda$  の光 L a を放射する発光ダイオード (LED) 11 と、LED 11 が放射した光 L a を集光する集光レンズ系 12 と、集光レンズ系 12 で集光した波長が  $\lambda$  の光 L a を受けて第 2 次高調波 (波長が  $\lambda/2$  の光 L b) を出射する非線形光学結晶 53 と、非線形光学結晶 53 とフローセル 52 を挟んで対向して設置され、非線形光学結晶 53 が出射する波長が  $\lambda/2$  の光 L b を反射して非線形光学結晶 53 に戻す反射鏡 54 からなる。

なお、非線形光学結晶 53 は、第 2 次高調波 (波長が  $\lambda/2$  の光 L b) の他に、

基本波（波長が $\lambda$ の光 $L_a$ ）、第3次高調波（波長が $\lambda/3$ の光）、第4次高調波（波長が $\lambda/4$ の光）などの高調波も出射するが、ここでは第2次高調波を用いる場合について説明する。

5 非線形光学結晶53の集光レンズ系12側の端面53aには、LED11が放射した光 $L_a$ を通す反射防止膜53cおよび非線形光学結晶53が出射する第2次高調波（波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ ）のみを反射して基本波（波長が $\lambda$ の光 $L_a$ ）及び第2次高調波（波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ ）以外の高調波を透過させる反射膜53dが形成されている。

10 また、非線形光学結晶53の反射鏡54側の端面53bには、非線形光学結晶53が出射する波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ に対する反射防止膜53eが形成されている。反射鏡54は、全ての光を反射するので、非線形光学結晶53と反射鏡54の間を往復する光は、第2次高調波（波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ ）のみになる。

15 フローセル52は断面が矩形の管状部材で、検出対象となる流体をアウトレットの下流に接続した吸引ポンプが吸引することにより、液体を紙面垂直方向にインレットからアウトレットに流すように形成されている。そして、光 $L_b$ と液体が交差する箇所が粒子検出領域8となる。非線形光学結晶53と反射鏡54は、対向するようにフローセル52の外壁部52aに接着されている。

なお、受光部3など第1図に示す符号と同一の構成要素については、第1の実施の形態と同一なので説明を省略する。

20 以上のように構成した第5の実施の形態に係る光散乱式粒子検出器の動作について説明する。

LED11が放射した波長が $\lambda$ の光 $L_a$ は、集光レンズ系12で集光されて非線形光学結晶53に入射する。非線形光学結晶53に入射した波長が $\lambda$ の光 $L_a$ は、非線形光学結晶53から出射すると波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ となる。

25 非線形光学結晶53から出射した波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ は、フローセル52を透過して反射鏡54で反射し、再びフローセル52を透過して非線形光学結晶53に戻り、非線形光学結晶53の反射膜53dで反射する。波長が $\lambda/2$ の光 $L_b$ は、反射膜53dと反射鏡54との間を往復することになる。

従って、光 $L_b$ は反射膜53dと反射鏡54との間に形成される領域に閉じ込

められ、LED 11が放射する光L aよりも高いエネルギー密度を得ることになる。

更に、粒子検出領域8を形成する光L bの波長は、LED 11が放射する光L aの波長の半分なので、光L aによる散乱光より散乱光の強度は高くなる。粒子  
5 による散乱光L sの強度は、粒子に照射した光L bの波長( $\lambda/2$ )の4乗に反比例するからである。

以上の通り、本発明の実施の形態では、光源としてLED 11を用いたが、LED 11の他にランプや半導体レーザなども用いることができる。

また、上述の通り非線形光学結晶13, 23, 33, 43, 53は、波長が  
10 の光L aを受けて第2高調波(波長が $\lambda/2$ の光L b)の他に、基本波(波長が $\lambda$ の光L a)、第3次高調波(波長が $\lambda/3$ の光)、第4次高調波(波長が $\lambda/4$ の光)などの高調波を出射するが、本発明の実施の形態では、第2高調波(波長 $\lambda/2$ )を用いる場合について説明した。第3次(波長 $\lambda/3$ )、第4次(波長 $\lambda/4$ )あるいは更に高次の高調波を用いることにより同様な効果を奏することが  
15 考えられるが、変換効率について考慮することが必要である。

本発明の実施の形態では、光源としてLED 11を用いたので、固体レーザのようなレーザ媒質を必要としないため、機構的アライメントなどの調整作業を必要としない。

また、光源として半導体レーザを用いたとしても、固体レーザのようなレーザ  
20 媒質を必要としないため、半導体レーザが放射するレーザ光の波長をレーザ媒質にとって最適なものに制御するための半導体レーザの温度制御を必要としない。従って、半導体レーザの駆動回路が簡素化し、粒子検出器の小型化・バッテリー駆動型の実現が図られる。

更に、光源の波長よりも短い波長の光を粒子に照射するので、光源の光を直接  
25 粒子に照射した場合よりも散乱光の強度が大きい。上述のように、粒子による散乱光の強度は、粒子に照射した光の波長の4乗に反比例するからである。

#### 産業上の利用可能性

以上説明したように請求の範囲第1項に係る発明によれば、光源の波長よりも

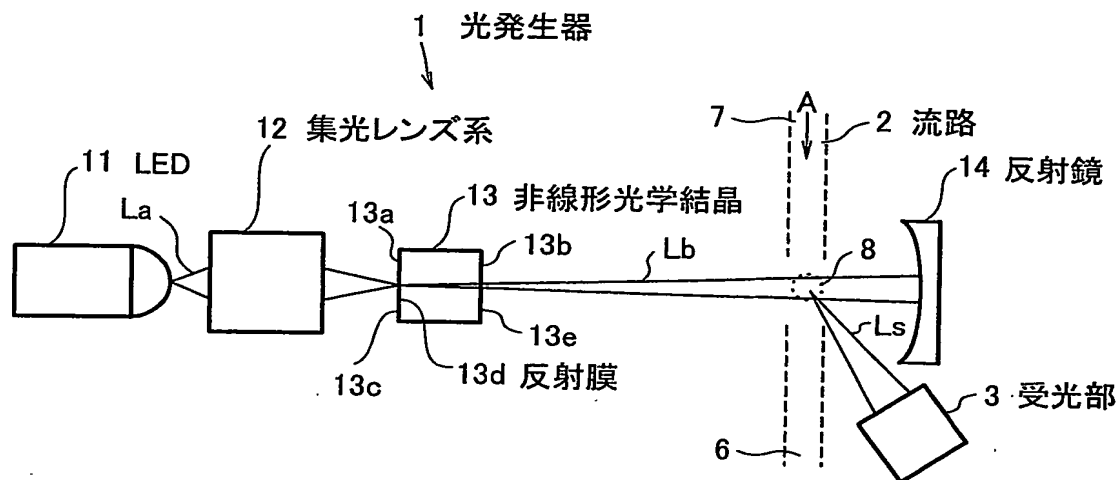
短い波長の光を粒子に照射するので、光源の光を直接粒子に照射した場合よりも散乱光の強度を大きくすることができる。

- 請求の範囲第2項に係る発明によれば、光は非線形光学結晶に形成した反射膜とミラーの間に形成される領域、またはミラーとミラーの間に形成される領域に
- 5 閉じ込められ、光源が放射する光よりも高いエネルギー密度を得ることができる。

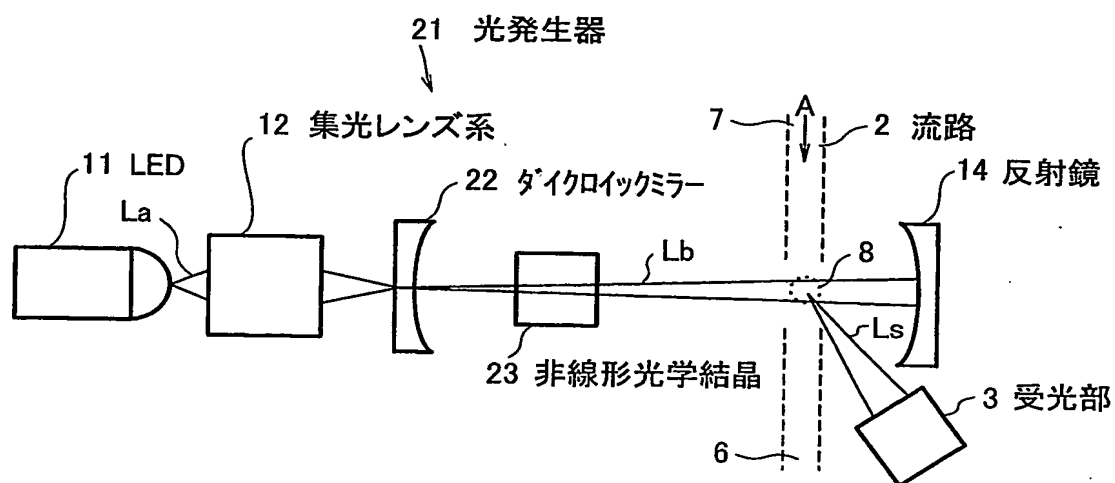
## 請求の範囲

1. 流体中に含まれる粒子に光を照射して生じる散乱光を受光して粒子を検出する光散乱式粒子検出器において、前記光は光源から放射する光が非線形光学結晶により波長が変換された光であることを特徴とする光散乱式粒子検出器。
- 5 2. 前記光が粒子検出領域を挟んで対向する前記非線形光学結晶の反射膜とミラーの間、またはミラーとミラーの間を往復する請求の範囲第1項記載の光散乱式粒子検出器。

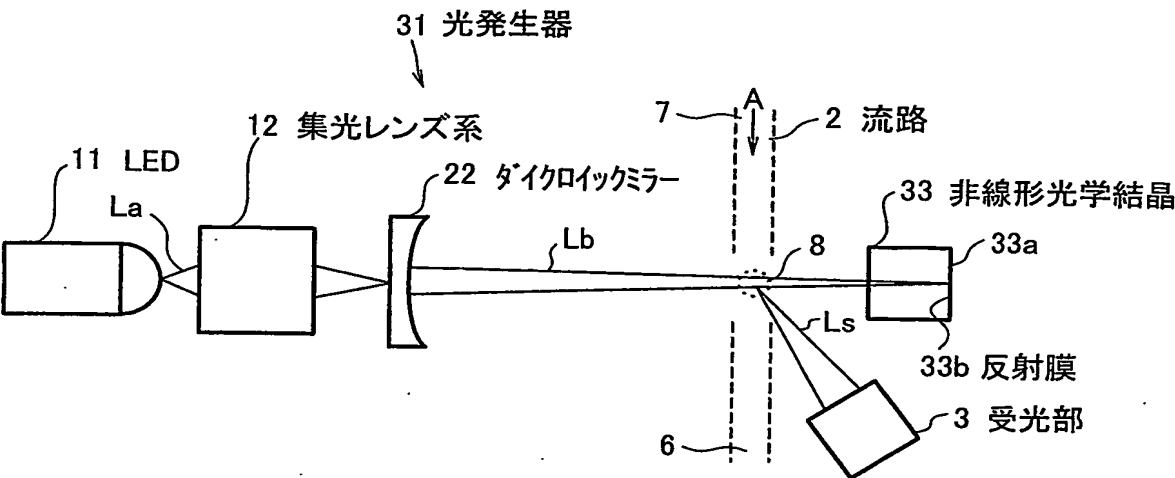
第1図



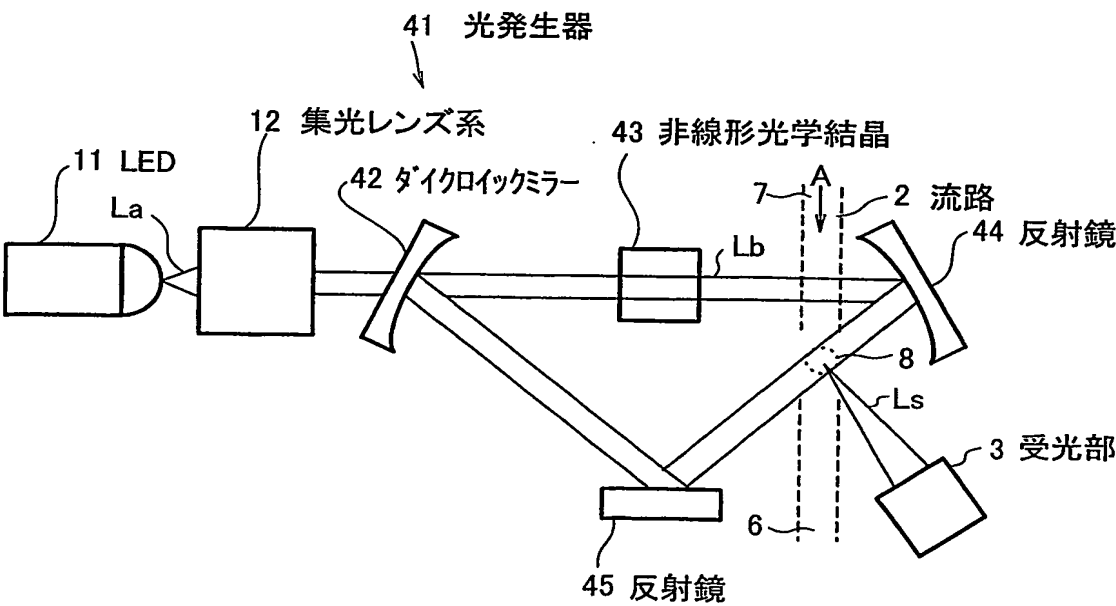
第2図



第3図

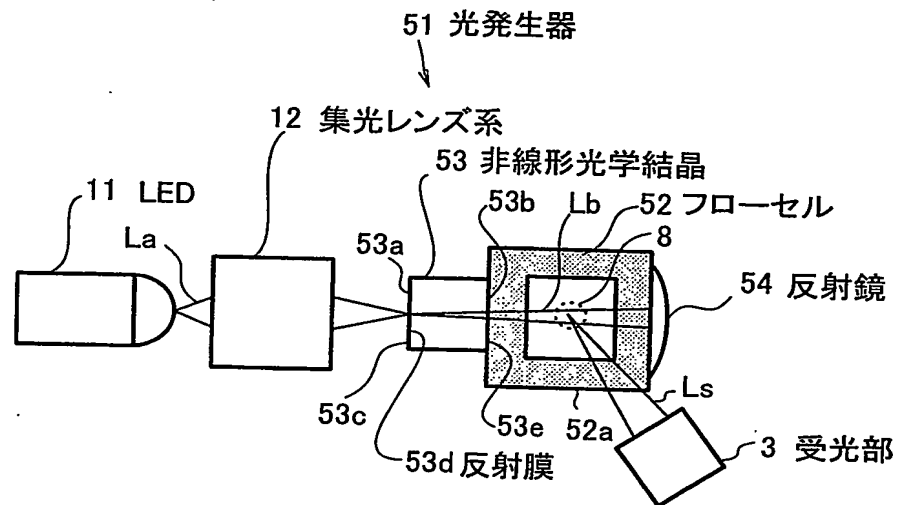


第4図

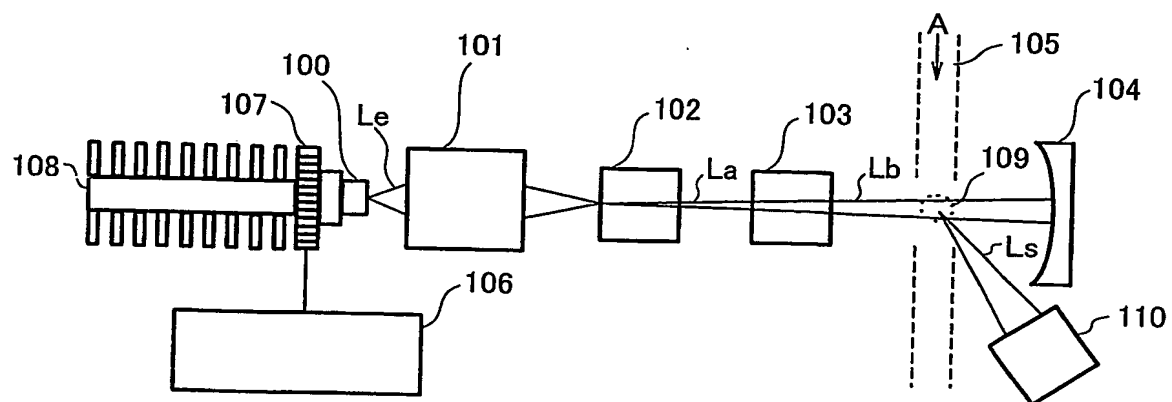




第5図



第6図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09393

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N15/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G01N15/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPIL (DIALOG) : [IC=G01N-015/] \* [NON (W) LINEAR (W) OPTIC?]

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                               | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X         | US 5946093 A (Richard K. DeFreez & Valey F. Kamalov),<br>31 August, 1999 (31.08.99),<br>Fig. 5<br>(Family: none) | 1, 2                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October, 2002 (11.10.02)

Date of mailing of the international search report

29 October, 2002 (29.10.02)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP02/09393

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N15/14

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01N15/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  
 WPIL (DIALOG): [IC=G01N-015/]\*[NON (W) LINEAR (W) OPTIC?]

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| X               | US 5946093 A (Richard K. DeFreez & Valey F. Kamalov)<br>1999. 08. 31<br>FIG. 5<br>(ファミリー無し) | 1, 2             |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11. 10. 02

国際調査報告の発送日

29.10.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915  
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

郡山 順



2J 8502

電話番号 03-3581-1101 内線 3250